

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра транспорта и дорожного строительства

А.Ю. Шаров
Л.Г. Легенькая

**ДОРОЖНОЕ ГРУНТОВЕДЕНИЕ
И МЕХАНИКА ГРУНТОВ**

Методические указания для лабораторных работ для студентов очной и заочной форм обучения направления 653600 – Транспортное строительство, специальности 291000 – Автомобильные дороги и аэродромы, направления 656300 – Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств, специальности 260100 – Лесоинженерное дело, по дисциплине – Основы грунтоведения.

Екатеринбург 2005

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение.....	4
1. Лабораторная работа №1. Определение гранулометрического состава грунтов	4
2. Лабораторная работа № 2. Определение размокаемости глинистых грунтов	9
3. Лабораторная работа № 3. Определение коэффициента набухания глинистых грунтов.....	13
4. Лабораторная работа № 4. Определение высоты капиллярного поднятия воды в грунте, коэффициента фильтрации и угла естественного откоса	16
5. Лабораторная работа № 5. Определение влажности и плотности грунта	20
6. Лабораторная работа № 6. Определение оптимальной влажности и максимальной плотности при стандартном уплотнении.....	22
7. Лабораторная работа № 7. Определение пределов пластичности и консистенции грунтов.....	26
Литература	32

Введение

В связи с большими объемами дорожного строительства специалистов, занятым дорожным строительством, необходимо хорошо знать основные физико-механические свойства грунтов используемых в дорожном деле. При проектировании и строительстве автомобильной дороги инженер дорожник должен уметь менять физико-механические свойства грунта для получения грунта, оптимального по составу.

Лабораторная работа №1

Определение гранулометрического состава грунтов (ГОСТ 12536 – 79)

Гранулометрическим (зерновым) составом грунта называется количественное содержание в грунте твердых частиц того или иного размера.

Гранулометрический (зерновой) состав песчаных грунтов при выделении зерен песка крупностью свыше 0,5 мм определяется ситовым методом без промывки водой, свыше 0,1 мм с промывкой водой, менее 2 мм – методом Рутковского (с замачиванием).

Таблица 1

Классификация частиц грунта

Наименование элементов грунта	Размеры частиц (мм)
Валуны	Более 200
Галька булыжник	200 – 40
Гравий	40 – 2
Песок	2 – 0,05
Пыль	0,05 – 0,005
Глина	Менее 0,005

Ситовой метод

Определение гранулометрического состава грунта ситовым методом производится при помощи стандартного набора сит (с поддоном) с диаметром отверстий 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,10 мм.

Оборудование: весы лабораторные с комплектом разновесов, комплект стандартных сит, совок или ложечка, фарфоровая ступка и пестик, фарфоровые чашки или листы бумаги, образец грунта (проба).

Порядок выполнения работы.

Из образца воздушно-сухого грунта отбирается средняя по составу проба. Если грунт состоит из слипшихся комочков, то его растирают в фарфоровой ступке пестиком без разрушения отдельных зерен. Навеска грунта взвешивается. Взвешенный грунт высыпается в собранный комплект сит, закрывается крышкой и просеивается в течении некоторого времени. Затем снимается крышка и верхнее сито ($d=10$ мм). Оставшиеся на нем частицы грунта высыпают в приготовленную чашку или листок бумаги. Далее снимается второе сито ($d=7$ мм) и оставшийся на нем грунт высыпается в другую чашку и т. д.

После просеивания грунта каждая фракция взвешивается с точностью до 0,01 г. Зная вес навески (P , г) и вес каждой фракции (P_i , г), определяют их процентное содержание (X_i , %) по формуле

$$X_i = \frac{P_i}{P} \cdot 100, \quad (1)$$

Содержание фракций размером менее 0,1 мм ($X_{<0,1}$, %) определяют по разности между 100% и суммой процентов всех более крупных фракций ($\sum X_i$ %) по формуле

$$X_{<0,1} = 100\% - \sum X_i \%, \quad (2)$$

Результаты работы заносят в таблицу 2.

Таблица 2

Результаты определения гранулометрического состава грунта

Размеры частиц, мм	Масса остатка		Наименование грунта (дорожная классификация)
	Г	%	
1	2	3	4
Крупнее 10			
> 7			
> 5			
> 3			
> 2			
> 1			
> 0,5			
> 0,25			

Продолжение табл.2

1	2	3	4
> 0,10			
Менее 0,10 (поддон)			
Итого			

На основании дорожной классификации устанавливается наименование грунта (см. табл. 3, 4).

Таблица 3

Дорожная классификация песчаных грунтов (ГОСТ 25100-95)

Разновидность грунта	Размер зерен, мм	Содержание зерен (частиц) по массе, %
Пески		
Гравелистый	Св. 2	Св. 25
Крупный	0,50	50
Средне крупный	0,25	50
Мелкий	0,10	75 и св
Пылеватый	0,10	Менее 75

Таблица 4

Дорожная классификация глинистых грунтов (ГОСТ 25100-95).

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности i_p	Содержание песчаных частиц (2 – 0,05 мм) по массе, %
Супесь		
Песчанистая	1 – 7	50 и св
Пылеватая	1 – 7	менее 50
Суглинок		
Легкий песчанистый	7 – 12	40 и св
Легкий пылеватый	7 – 12	менее 40
Тяжелый песчанистый	12 – 17	40 и св
Тяжелый пылеватый	12 – 17	менее 40
Глина		
Легкая песчанистая	17 – 27	40 и св
Легкая пылеватая	17 – 27	менее 40
Тяжелая	27 и более	не регламентируется

Примечание. При содержании частиц крупнее 2 мм в количестве 20 – 50% наименование грунта дополняется словом «гравелистый» при окатанных частицах, «щебенистый» – при острыеберных частицах.

Результаты ситового анализа представляют в виде таблицы (см. табл. 2), а также в виде суммарной кривой, строя кривую гранулометрического состава в полулогарифмическом масштабе: на оси абсцисс в логарифмическом масштабе откладываются диаметры зерен (d , мм), а на оси ординат в линейном масштабе – суммы процентов зерен (содержание частиц, %), (рис.1).

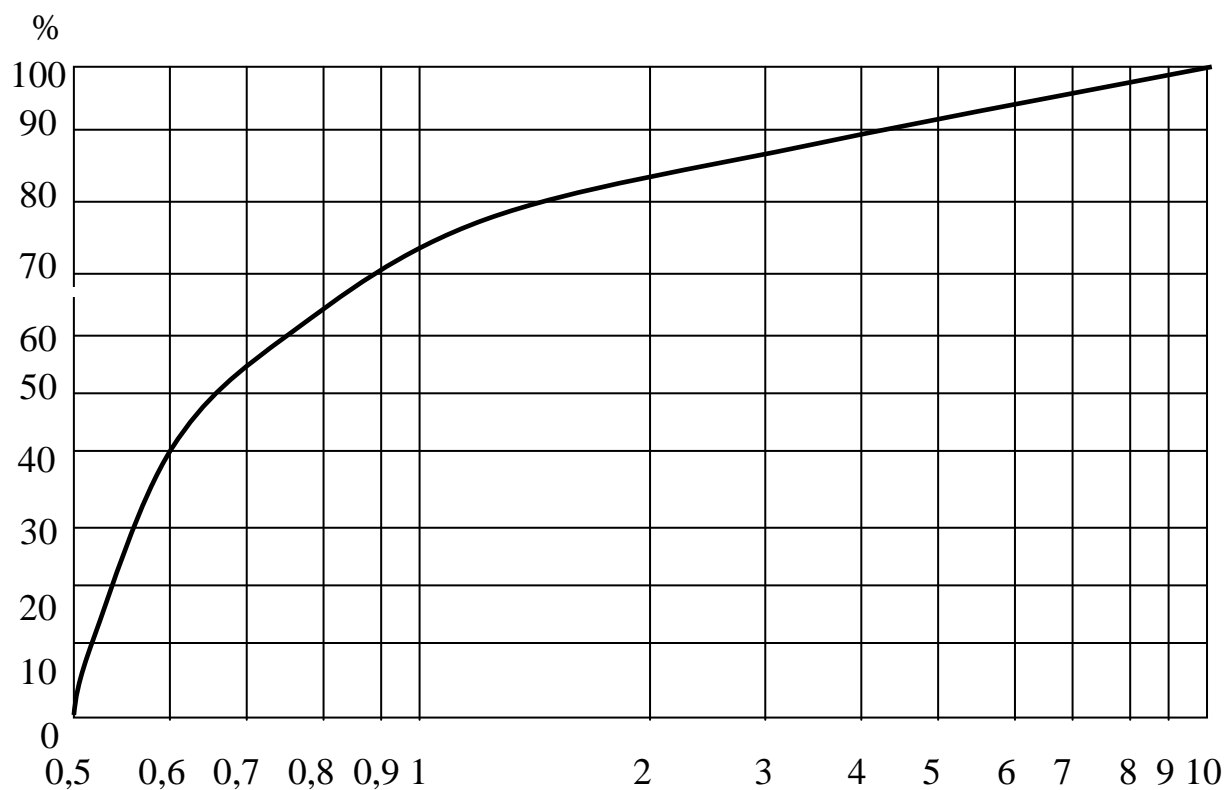


Рис. 1. Кривая гранулометрического состава

По полученной кривой гранулометрического состава определяют коэффициент неоднородности по формуле

$$K_{\frac{60}{10}} = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (3)$$

где d_{60} и d_{10} – размеры зерен, меньше которых в данном грунте содержится соответственно 60 и 10% зерен по массе.

Грунты с коэффициентом неоднородности $K_{60/10} > 3$ считаются неоднородными. Грунты, у которых $K_{60/10} < 3$ считаются однородными (од-

норазмерными). Кроме того, крутая суммарная кривая указывает на однородность грунта, полагая на неоднородность.

Пример.

Диаметр частиц, меньше которого в данном грунте содержится 60% (по массе) $d_{60} = 0,69$, диаметр частиц, меньше которого в данном грунте содержится 10% (по массе) $d_{10} = 0,10$.

$$\text{Расчёт } K_{\frac{60}{10}} = \frac{0,69}{0,10} = 6,9$$

Закключение: Песок средней крупности, неоднородный, т.к. $K_{60/10} > 3$.

Метод Рутковского

Метод Рутковского может быть использован для определения содержания в грунте фракций песка 0,05 – 2,0 мм, пыли 0,005 – 0,05 мм и глины меньше 0,005 мм.

Оборудование: мерный цилиндр, колба с водой, сито с отверстиями 2 мм, секундомер.

Для проведения анализа грунт берут в воздушно-сухом состоянии, прошедший через сито с отверстиями 2 мм.

Порядок выполнения работы.

1. Определение содержания песчаных частиц

Содержание песчаных фракций определяется отмучиванием.

Для определения процентного содержания песчаных фракций в мерный цилиндр необходимо насыпать $20 \div 30 \text{ см}^3$ грунта с легким уплотнением путем постукивания дна цилиндра об упругий предмет. Затем грунт заливается водой, взмучивается взбалтыванием до получения однородной суспензии, после чего отстаивается в течении 60 сек. По истечении 60 сек. мутную воду осторожно сливают. Отмучивание песчаных частиц в цилиндре продолжается до тех пор, пока через 60 сек. не наступит полное осветление сливаемой воды.

После отстаивания в течение $15 \div 20$ мин. устанавливается объем осевшего песка. Содержание песчаных фракций в анализируемом грунте определяется отношением объема осевшего после отмучивания песка (V_2) к первоначальному объему грунта (V_1) по формуле

$$П = \frac{V_2}{V_1} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где V_1 – первоначальный объем грунта в цилиндре, см^3 ;

V_2 – объем оставшегося в цилиндре песка, см^3 .

2. Определение содержания глинистых частиц.

Для определения процентного содержания глинистых частиц в мерный цилиндр необходимо насыпать 20 см^3 грунта с легким уплотнением путем постукивания дна цилиндра об упругий предмет. Затем грунт заливается водой в объеме $30 \div 60 \text{ см}^3$. Для отделения глинистых, пылеватых и песчаных частиц друг от друга содержимое в цилиндре тщательно размешивается стеклянной палочкой с резиновым наконечником или взбалтыванием до тех пор, пока на внутренней стенке цилиндра не исчезнут мазки, доливают воды 100 см^3 . Суспензия отстаивается в течение $24 - 48$ часов. За это время грунт увеличивается в объеме.

Приращение объема грунта на единицу первоначального объема определяется по формуле

$$A = \frac{V_2 - V_1}{V_1}, \quad (5)$$

где V_1 – первоначальный объем сухого грунта, см^3 ;

V_2 – объем грунта после набухания, см^3

Содержание глинистых частиц (Γ , %) определяется по формуле

$$\Gamma = A \cdot 22,67, \quad (6)$$

где $22,67$ – эмпирический коэффициент, характеризующий набухание частиц.

3. Определение содержания пылеватых частиц.

Процентное содержание в грунте пылеватых частиц (P_n , %) определяется по разности между суммой процентов уже вычисленных групп фракций песка и глины по формуле

$$P_n = 100 - (G + P), \quad (7)$$

По полученным результатам процентного содержания в грунте песка, пыли и глины необходимо построить графическое изображение грунта в виде грунтового треугольника ФЕРЕ (рис. 2).

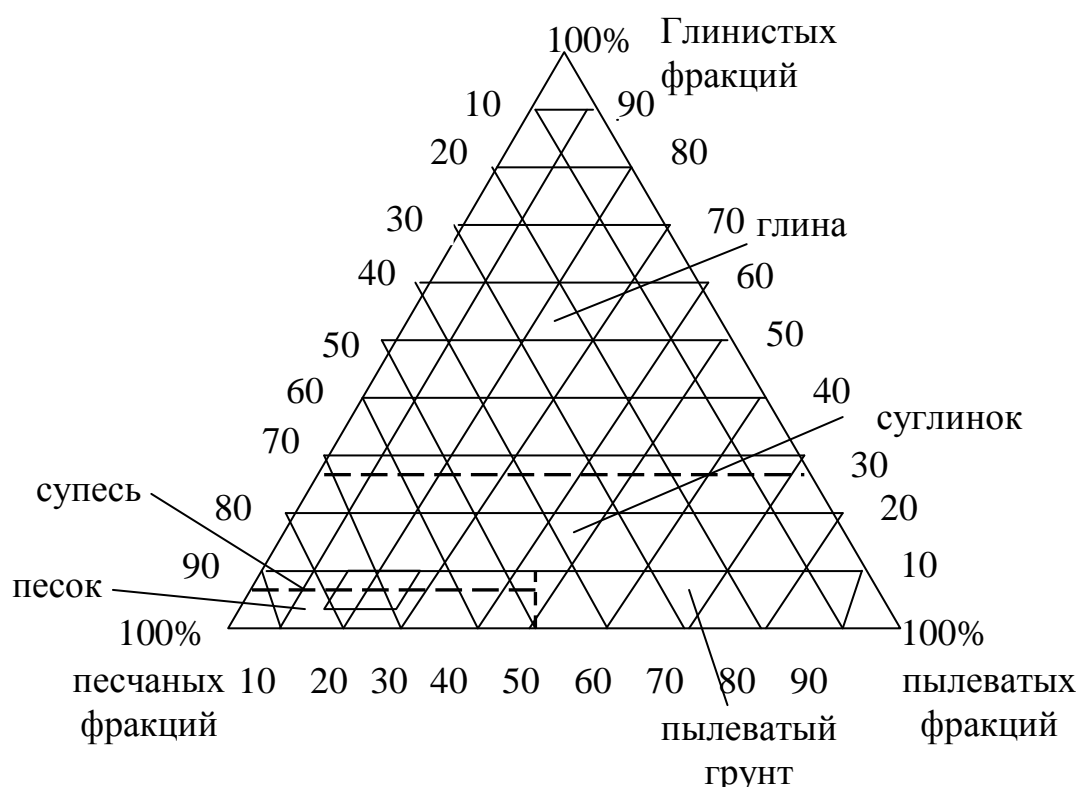


Рис. 2. Изображение грунта на треугольнике Фере

Зона оптимальной смеси составом: песок 65 – 82%; пыль 15 – 25%; глина 3 – 10%. На треугольник наносится состав грунта в виде точек. Точки соединяются между собой линией.

Лабораторная работа № 2

Определение размокаемости глинистых грунтов

Одним из показателей водоустойчивости глинистых грунтов является размокаемость их в воде. Под размокаемостью глинистых грунтов по-

нимают способность их при впитывании воды терять связность и превращаться, переходя из твердого, полутвердого или пластичного состояния в текучее, в рыхлую массу.

Оборудование: режущее кольцо, снабженное кольцом с насадкой, нож, сито с отверстиями 1 мм, фарфоровая или металлическая чашка, шпатель, прибор для определения размокаемости грунтов (ПРГ – 1, рис.3), часы.

Порядок выполнения работы.

Подготовка грунта.

Грунт, растертый и просеянный через сито с отверстиями 1 мм, помещают в фарфоровую или металлическую чашку, заливают водой в таком количестве, чтобы в результате тщательного перемешивания шпателем получить пасту, которая при раскатывании не прилипает к рукам. Приготовленную пасту грунта формуют так, чтобы в ней не образовались воздушные полости. Из этой пасты отбирают образец в режущее кольцо.

Далее извлекают из режущего кольца образец грунта и производят испытания на размокаемость.

Ход определения.

1. В корпус прибора наливают воду примерно до высоты 8 см (от дна) и устанавливают стрелку на нулевую отметку его шкалы.

2. Приподняв сетку левой рукой и поставив на край стенки корпуса прибора, осторожно устанавливают на ней образец. Затем, придерживая рычаг, плавно погружают сетку с образцом в воду и записывают первоначальную числовую отметку H .

Все изменения грунта как количественные, так и качественные фиксируются. Числовые отметки фиксируются через определенные промежутки времени (1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 мин и т. д.).

Опыт считается законченным, когда грунт полностью провалится сквозь сетку на дно корпуса и стрелка займет нулевое положение.

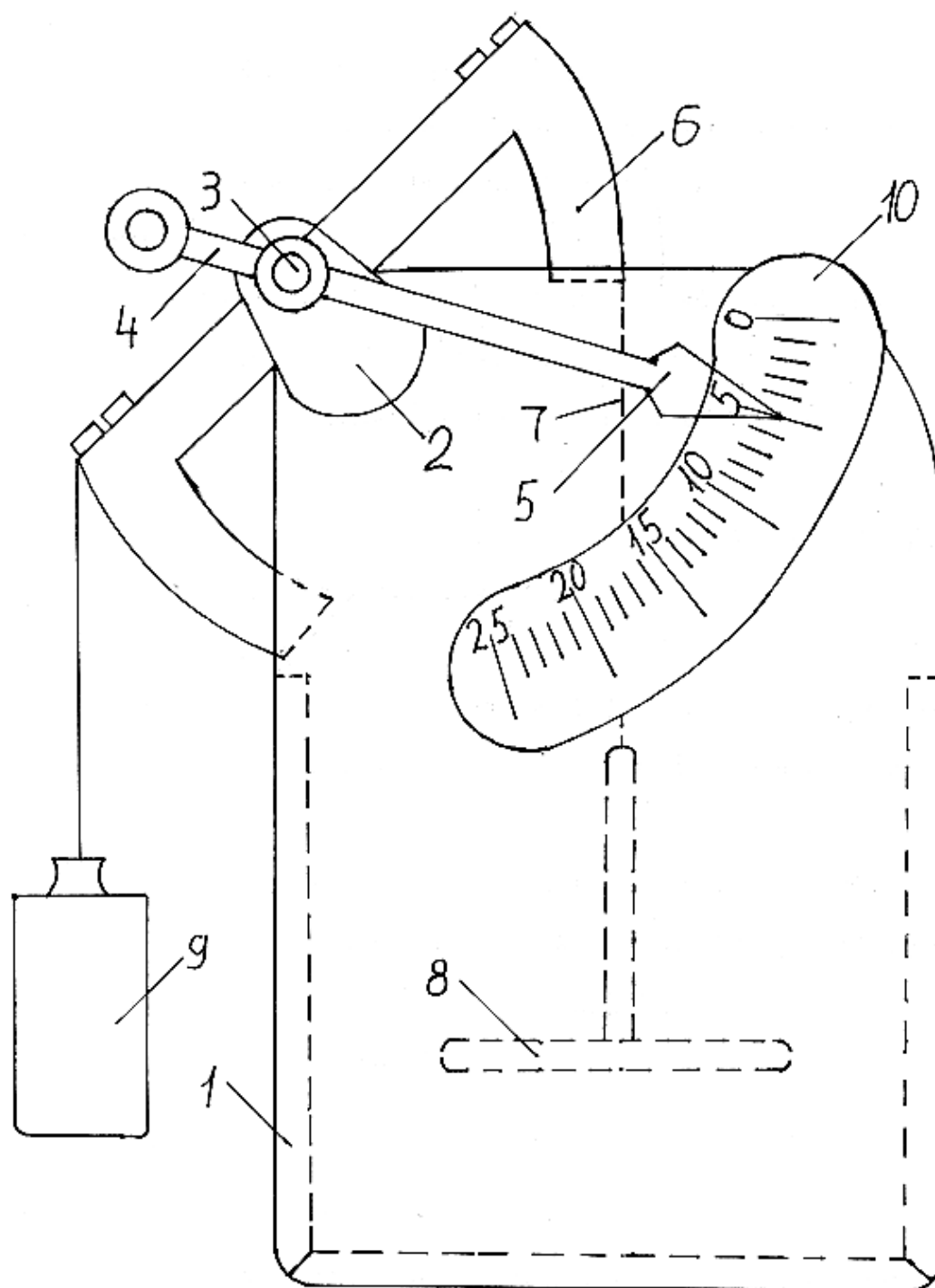


Рис. 3. Прибор ПРГ – 1 для определения размокаемости грунтов: 1 – корпус; 2 – опоры; 3 – свободно качающаяся ось; 4 – гайка крепления стрелки и скобообразного рычага; 5 – стрелка; 6 – рычаг; 7 – гибкая связь; сетка с квадратными отверстиями 10x10 мм; 9 – противовес; 10 – шкала с делениями от 0 до 25.

По данным числовых отметок строится кривая зависимости величины распада от времени (рис. 4). Для этого по оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат – числовые данные.

Процент распада (P_i , %) определяется по формуле

$$P = \frac{H - H_p}{H}, \quad (8)$$

где H – начальная числовая отметка;

H_p – числовая отметка в процессе размокания.

Пример. При погружении образца грунта стрелка остановилась на числовом значении 20 ($H=20$). В процессе размокания были получены числовые отметки 15; 10; 5 и т. д.

$$P = \frac{20 - 15}{20} \cdot 100 = 25\%, \quad (9)$$

$$P = \frac{20 - 10}{20} \cdot 100 = 50\%, \quad (10)$$

$$P = \frac{20 - 5}{20} \cdot 100 = 75\%, \quad (11)$$

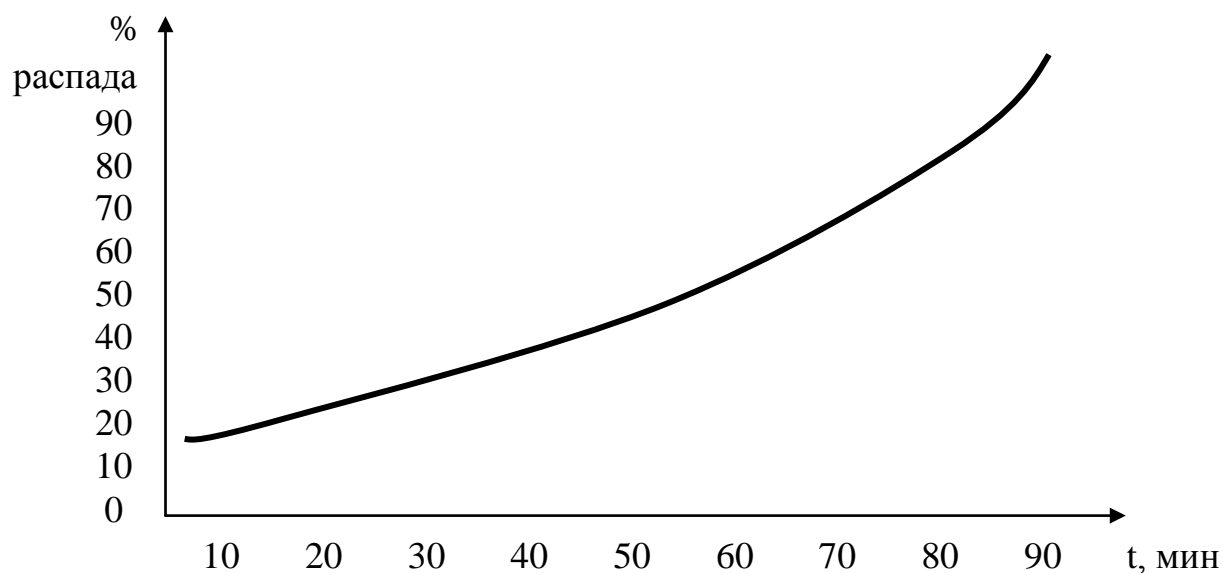


Рис. 4. Кривая зависимости величины распада от времени.

Лабораторная работа № 3

Определение коэффициента набухания глинистых грунтов

Набуханием грунта называется увеличение его объема при взаимодействии с водой. Набухание присуще главным образом глинистым грунтам и определяет их водоустойчивость, зависящую от их состава (гранулометрического и химико-минерального) и характера связей между частицами.

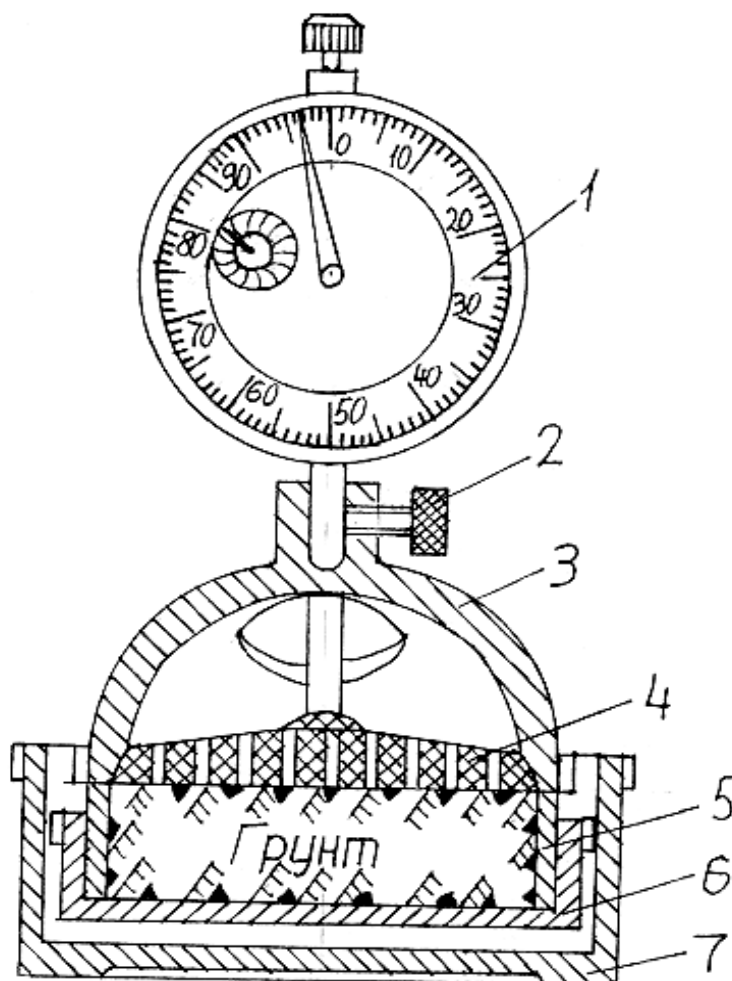


Рис. 5. Прибор ПНГ для определения набухания грунтов: 1 – индикатор; 2 – винт; 3 – обойма; 4 – поршень; 5 – режущее кольцо; 6 – перфорированный поддон; 7 – ванночка.

Оборудование: режущее кольцо, снабженное кольцом с насадкой, нож, сито с отверстиями 1 мм, фарфоровая или металлическая чашка, шпатель, прибор для определения набухания глинистых грунтов (ПНГ, рис. 5).

Порядок выполнения работы.

Подготовка грунта.

1. Взвешивают режущее кольцо с точностью до 0,01 г (масса g_1).
2. Грунт воздушно-сухого состояния размельчается в фарфоровой ступке пестиком и просеивается через сито с отверстиями 0,5 мм на лист бумаги. Просеянный грунт сыпается в фарфоровую чашку, заливается водой и грунт доводится до консистенции, при которой он не прилипает к рукам при раскатывании. Приготовленную пасту грунта формуют так, чтобы в ней не образовались воздушные полости. Из этой пасты отбирают образец в режущее кольцо. Ровность поверхности проверяют металлической линейкой.

3. Кольцо с грунтом взвешивают с точностью до 0,01 г (масса g_2).

Ход определения.

1. На дно прибора укладывают кружок фильтровальной бумаги (диаметром соответствующим внутреннему диаметру поддона), смоченный водой.

2. В поддон устанавливают кольцо с грунтом (верхним торцом кольца вниз), на поверхность которого кладут кружок фильтровальной бумаги диаметром, соответствующим внутреннему диаметру кольца.

3. На бумажный фильтр устанавливается поршень и ввинчивают обойму в поддон до упора ее в бортик кольца. В обойму вводят индикатор до соприкосновения его с головкой поршня и закрепляют индикатор винтом. Собранный прибор устанавливают на дно ванночки. В ванночку наливают воду до риски, нанесенной по внутренней образующей поверхности ванночки и проводят испытания:

- записывают в журнале показания индикатора;
- отмечают время заливки воды в ванночку и следят за показаниями индикатора, записывая их через определенные промежутки времени, пока

не прекратится набухание грунта. Опыт считается законченным, если приращение показаний индикатора не превышает 0,02 мм/сут;

- вынимают прибор из ванночки и, сняв с кольца обойму с индикатором и поршень, извлекают кольцо с грунтом;
- взвешивают кольцо с грунтом на весах с точностью до 0,01 г (масса g_3) и помещают в сушильный шкаф, где грунт высушивают до постоянной массы при 105⁰ С. вынимают кольцо с грунтом из сушильного шкафа, охлаждают в эксикаторе, взвешивают (масса g_4) и вычисляют начальную и конечную влажность грунта по формулам

$$W_0 = \frac{g_2 - g_4}{g_4 - g_1} \cdot 100, \quad (12)$$

$$W_k = \frac{g_3 - g_4}{g_4 - g_1} \cdot 100, \quad (13)$$

где W_0 – влажность грунта, %;

g_2 – масса кольца с грунтом до опыта, г;

g_4 – масса кольца с грунтом после сушки, г;

g_1 – масса кольца, г;

W_k – конечная влажность грунта, %;

g_3 – масса кольца с влажным грунтом после опыта, г.

Конечная влажность W_k и будет характеризовать влажность набухания W_n ;

- вычисляют величину набухания (K_n) по формуле

$$K_n = \frac{m}{h} \cdot 100, \quad (14)$$

где m – число делений шкалы индикатора (в мм), пройденное за время опыта , или приращение высоты образца (разность между последним и первым отсчетами по индикатору);

h – начальная высота образца, мм.

Лабораторная работа № 4

Определение высоты капиллярного поднятия воды в грунте, коэффициента фильтрации и угла естественного откоса

1. Определение высоты капиллярного поднятия воды в грунте (ГОСТ 5280 – 84).

Под капиллярным поднятием, или водоподъемной способностью, грунта понимают свойство грунта поднимать на определенную высоту воду и удерживать ее на этой высоте вследствие капиллярных сил, действующих в порах грунта. Это свойство грунтов выражают высотой капиллярного поднятия воды грунтами (H_k , рис. 6).

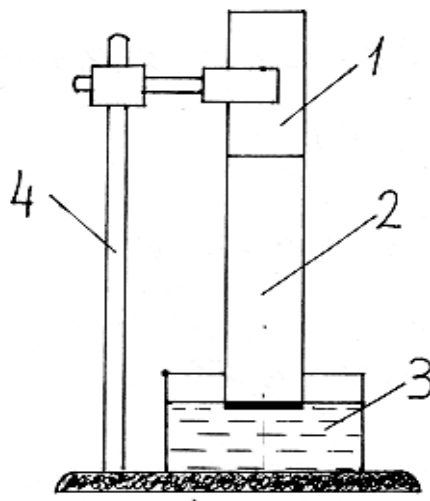


Рис. 6. Установка для определения капиллярного поднятия воды в грунте: 1 – стеклянная трубка; 2 – грунт; 3 – штатив с зажимом; 4 – банка стеклянная с водой.

Оборудование: стеклянная трубка ($l=25$ см, $d=3 - 4$ см с (миллиметровая бумага шириной 1 см и длиной 16см) делениями от 0 до 24 см); штатив с креплением для трубки; кусочек марли; секундомер.

Порядок выполнения работы.

Стеклянную трубку закрывают с одного конца двойным слоем марли и засыпают в нее грунт. Трубку заполняют грунтом на высоту не менее 10 см. Затем трубку закрепляют на штативе так, чтобы нижний край стек-

лянной трубки касался воды в емкости с водой (рис. 6). После этого в грунте будет подниматься капиллярная вода, за высотой поднятия которой следят по потемнению грунта. Через каждые 30 с производят отсчет и результаты заносят в таблицу. По полученным результатам необходимо построить кривую $H_k = f(t)$, где H_k – высота поднятия капиллярной воды, t – время поднятия воды.

2. Определение коэффициента фильтрации (ГОСТ 25584 – 90).

Грунт обладает способностью пропускать через свои поры воду. Скорость фильтрации воды через поры зависит от разности напоров $H_1 - H_2$ и длины пути фильтрации L .

Коэффициент фильтрации определяется для установления пригодности грунта, как дренирующего материала и для характеристики пригодности грунта в рабочем слое насыпи.

Порядок выполнения работы.

Стеклянную трубку необходимо закрыть с одного конца двойным слоем марли и поставить в емкость под воду. Затем засыпать в трубку грунт. Грунт в трубку насыпается слоями 2 – 3 см и одновременно подливается в банку вода до уровня насыщенного грунта. Грунт в трубке послойно уплотняется стеклянной палочкой. Трубку загружают грунтом на высоту 10 см. По мере загрузки трубки доливается вода в банку. Таким образом, вода проникает в трубку снизу и поднимаясь в песке вытесняет воздух из пор грунта. После того, как уровень воды в трубке сравняется с уровнем воды в банке, на поверхность песка для предохранения его от размыва насыпается гравий слоем в 2 см. В трубку подливают воды на 2 – 3 см выше гравия и затем быстро поднимают трубку из банки и закрепляют ее в штативе так, чтобы нижняя поверхность трубки не соприкасалась с поверхностью воды в банке (рис. 7). Как только вода опустится до границы песка с гравием, включают секундомер и записывают время падения уров-

ня воды в трубке на 2, 4, 6, 8, 10 см. Полученные данные записывают в журнал.

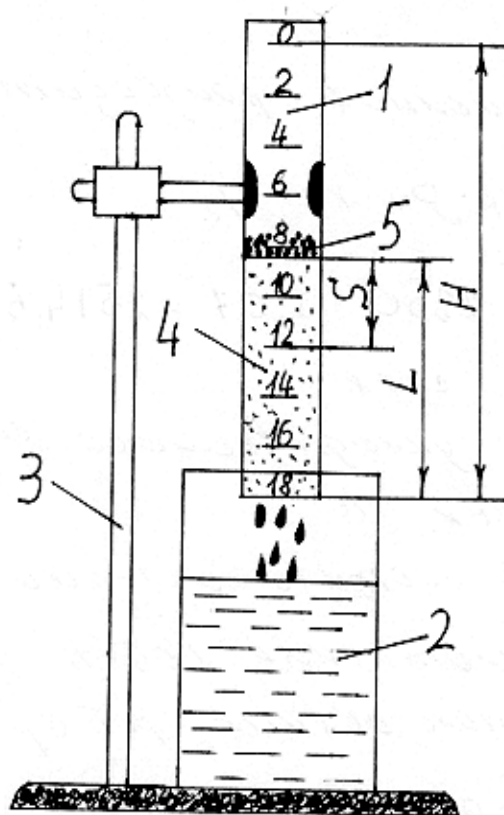


Рис. 7. Установка для определения коэффициента фильтрации: 1 – стеклянная трубка; 2 – банка стеклянная с водой; 3 – штатив с зажимом; 4 – песок; 5 – гравий.

Коэффициент фильтрации (K , см/с) определяется по формуле

$$K = -\frac{S}{t} \ln \left(1 - \frac{L}{H} \right), \quad (15)$$

где S – падение уровня воды в трубке за время t , см;

t – время падения уровня воды в трубке, с;

L – длина пути фильтрации, см;

H – первоначальный напор, см.

Определение коэффициента фильтрации повторяется несколько раз при одной загрузке (L , H) и при различных понижениях уровня воды в трубке (S). После этого вычисляют средний коэффициент фильтрации.

3. Определение угла естественного откоса грунтов.

Угол естественного откоса характеризует устойчивость грунта земляного полотна. Он позволяет судить о размерах насыпей, выемок, канав. Угол естественного откоса характеризуется предельным углом, образуемым поверхностью свободно высыпанного грунта с горизонтальной плоскостью.

Оборудование: прибор для определения угла естественного откоса (рис. 8), совок или ложка, банка с водой, проба грунта.

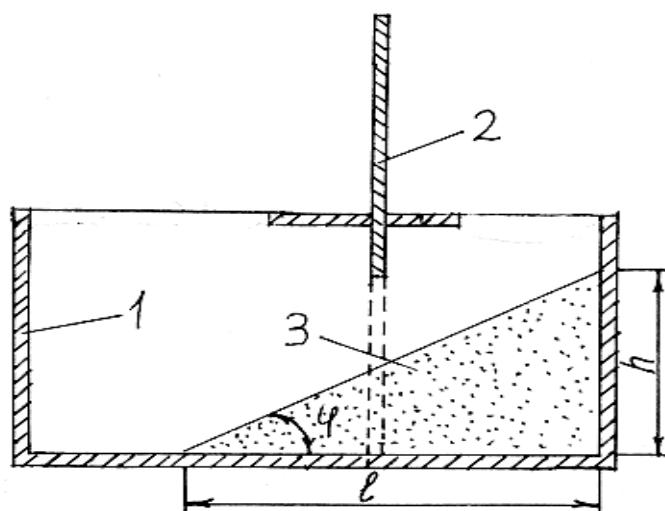


Рис. 8. Прибор для определения угла естественного откоса: 1 – корпус прибора; 2 – заслонка; 3 – грунт.

Величина угла естественного откоса определяется отношением высыпанного грунта к его заложению по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{h}{l} = \frac{1}{m}, \quad (16)$$

где φ – угол естественного откоса, °;

h – высота высыпанного грунта, см;

l – заложение грунта, см;

m – коэффициент откоса или заложение откоса, определяющий его крутизну и, следовательно, устойчивость ($m=l/h$).

Порядок выполнения работы.

Ставят прибор (рис. 8) на ровную поверхность и насыпают в его малый отсек исследуемый грунт в воздушно-сухом состоянии. Постепенно, без рывков, поднимают заслонку, создав условие свободного отсыпания грунта. После окончания отсыпания измеряют h и l с точностью до 1 мм. По измеренным величинам h и l подсчитывают $tg\varphi$, коэффициент откоса (m) и по тангенсу значение угла естественного откоса (φ).

Затем снова засыпают грунт в маленький отсек. В большой наливают воды полный прибор. Постепенно, без рывков, поднимают заслонку и после стабилизации суспензии проводят те же измерения и подсчеты, как и при исследовании сухого грунта.

Результаты работы заносят в таблицу 5.

Таблица 5

Определение угла естественного откоса

Номер пробы	Наименование грунта	Замеры в см		$tg\varphi$	$\varphi, ^\circ$	Коэффициент откоса, 1: m
		высоты, h	заложения, l			
1	2	3	4	5	6	7
1						
.....						
n						

Лабораторная работа № 5

Определение влажности и плотности грунта

Влажность грунта характеризуется количеством воды, которая удаляется из него вследствие высушивания при температуре $100 - 105^\circ \text{C}$ до его постоянной массы (ГОСТ 5180 – 84).

Термостатный метод

Оборудование: сушильный шкаф, весы с разновесами, сосуд (бюксы), эксикатор, щипцы, шпатель.

Порядок выполнения работы.

В заранее взвешенный сосуд (бюксы) помещают пробу грунта, плотно закрывают его крышкой и взвешивают. После взвешивания сосуд с открытой крышкой ставят в сушильный шкаф и грунт высушивают при температуре $100 - 105^{\circ}\text{C}$ до его постоянной массы, что достигается многократным высушиванием с последующим взвешиванием пробы. Операцию повторяют до тех пор, пока разница между двумя последующими взвешиваниями не будет превышать 0,2% от массы взвешиваемой пробы грунта.

Первичное высушивание глинистых грунтов – 5 ч, песчаных и крупнообломочных – $1 \div 2$ ч. каждое повторное высушивание длится 2 часа.

По окончании высушивания в сушильном шкафу сосуд (бюксы) с грунтом закрывают крышкой и охлаждают до комнатной температуры воздуха в эксикаторе.

Влажность грунта (W , %) рассчитывают по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \cdot 100, \quad (17)$$

где m_1 – масса сосуда (бюксы) с грунтом, г;

m_2 – масса сосуда (бюксы) с высушенным грунтом, г;

m_0 – масса пустого сосуда (бюксы) с крышкой, г;

$m_1 - m_2$ – масса выпаренной воды, г;

$m_2 - m_0$ – масса сухого грунта.

Определение объемной плотности грунта и объемной плотности скелета грунта

Объемной плотностью грунта называется вес единицы объема грунта естественной влажности и структуры. Объемной плотностью скелета грунта называют вес единицы объема твердой части (скелета) грунта естественной структуры. Плотность зависит от минералогического состава грунта, степени его уплотненности и влажности.

Оборудование: штангенциркуль, сосуд (бюксы), весы с разновесами, аппаратура для определения влажности.

Порядок выполнения работы.

Штангенциркулем измеряют внутренний диаметр и высоту сосуда (бюксы) и определяют его объем.

Объемная плотность грунта (γ , г/см³) определяют по формуле

$$\gamma = \frac{m_1 - m_0}{V}, \quad (18)$$

где: V – объем сосуда (бюксы), см³.

Объемная плотность скелета грунта (δ , г/см³) определяется по формуле

$$\delta = \frac{\gamma}{1 + 0,01W}, \quad (19)$$

где W – влажность грунта, %.

Результаты работы заносят в таблицу 6.

Таблица 6

Определение объемной плотности грунта и объемной плотности скелета грунта

№ образца	Объем сосуда (бюксы), V , см ³	Масса сосуда (бюксы), г		Масса грунта, г $m_1 - m_0$	Объемная плотность, г/см ³	
		пустого m_0	с грунтом m_1		грунта, γ	скелета грунта, δ
1	2	3	4	5	6	7
1						
.....						
n						

Лабораторная работа № 6

Определение оптимальной влажности и максимальной плотности при стандартном уплотнении

Оптимальной влажностью грунта (W_{opt} , %) называется влажность, при которой в условиях стандартного уплотнения достигается наибольшая объемная плотность скелета грунта.

Максимальная плотность грунта (γ_{max} , г/см³) – это наибольшая объемная плотность его скелета, достигаемая при оптимальной влажности в условиях стандартного уплотнения.

Зависимость объемной плотности скелета грунта от его влажности в определенных условиях уплотнения устанавливается методом стандартного уплотнения, который заключается в последовательном уплотнении в одинаковых условиях проб одного и того же грунта с постоянным увеличением его влажности. Число циклов уплотнения должно быть достаточным для получения кривой стандартного уплотнения и, как правило, составляет не менее 5.

Оборудование: прибор стандартного уплотнения Союздорнии (рис. 9); совок; чашка под грунт; ступка с пестиком; сито с диаметром отверстий 2 мм; колба с водой; весы с разновесами; весы технические; бюксы; сушильный шкаф.

Порядок выполнения работы.

Пробу грунта (около 3,5 кг) в воздушно-сухом состоянии размельчают в ступке и просеивают через сито с диаметром отверстий 2 мм. Прошедший через сито грунт (2,5 ÷ 3,0 кг) помещают в чашку и тщательно перемешивают с водой, добавляемой в таком количестве, чтобы повысить влажность несвязного грунта на 1%, а связного – на 2÷3%. Начальная влажность связного грунта должна быть меньше оптимальной не менее чем на 8÷10%.

Количество воды (Q , г), необходимое для увлажнения грунта, определяют по формуле

$$Q = \frac{g}{1 + 0,01W_1} \cdot (0,01W - 0,01W_1), \quad (20)$$

где g – масса грунта, подлежащего увлажнению, г;

W – требуемая влажность, %;

W_1 – влажность грунта в исходном состоянии, %.

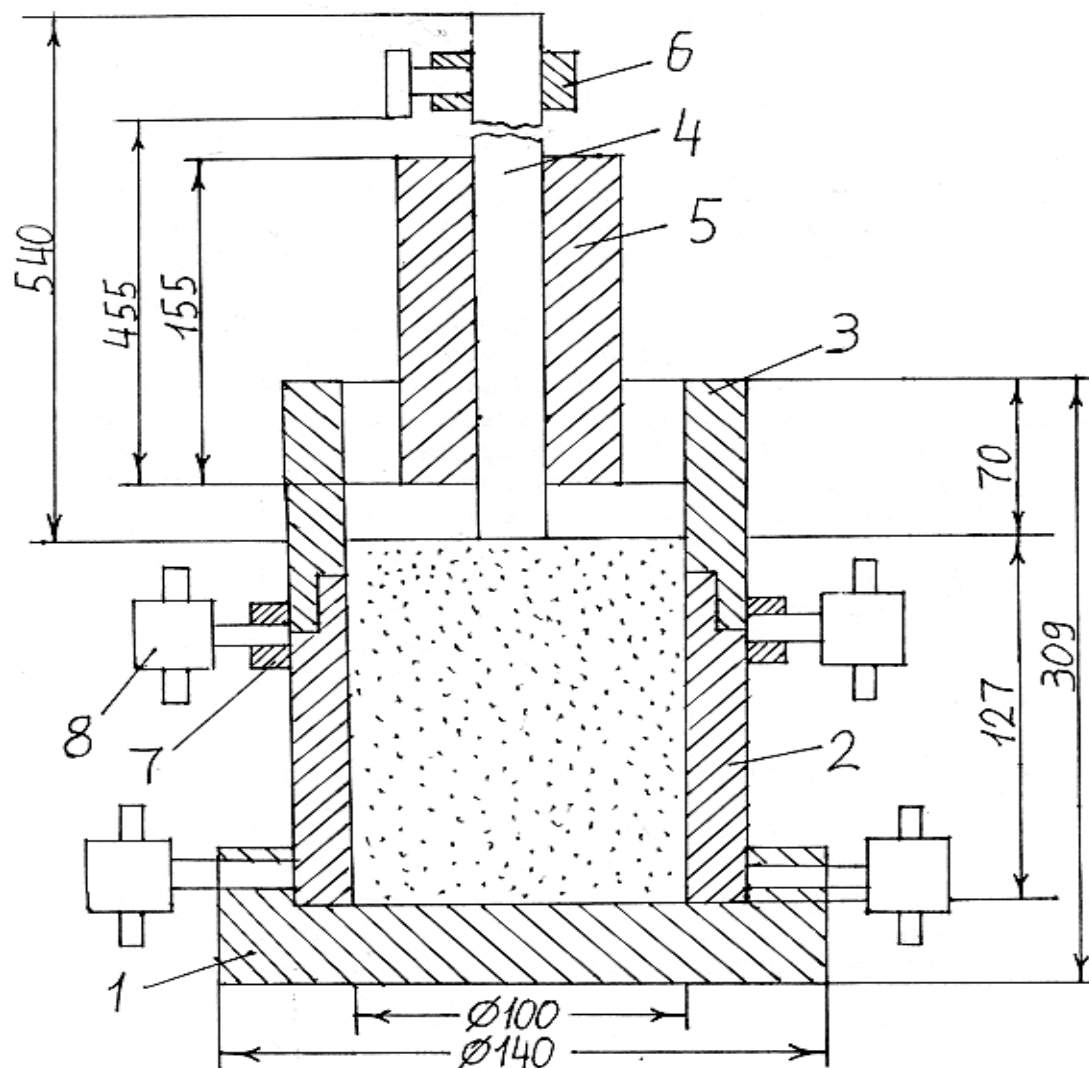


Рис. 9. Прибор для стандартного уплотнения грунтов: 1- подстаканник; 2 – разъемный цилиндр; 3 – верхний стакан; 4 – стойка с уплотнителем; 5 – гиря; 6 – ограничитель; 7 – зажимное кольцо; 8 – зажимной винт.

Ориентировочные значения оптимальной влажности: пески $8 \div 13\%$; супеси $9 \div 15\%$; суглинки $12 \div 22\%$; глины $16 \div 26\%$.

Подготовленную пробу связного грунта перед испытанием следует выдержать в закрытом сосуде не менее 2 ч, а несвязного грунта не менее 1 ч. После этого заполняют грунтом цилиндр примерно на 0,4 его высоты и уплотняют грунт ударами груза весом 2,5 кг, падающего с высоты 30 см. Уплотняют грунт тремя слоями. При этом число ударов, приходящихся на каждый слой, равно $1/3$ от общего числа, которое принимают: для песков и

супесей – 75; для пылеватых супесей, суглинков и глин – 120; для жирных глин – 150. При уплотнении верхнего слоя на разъемный цилиндр надевают верхний стакан.

По окончании уплотнения верхний стакан снимают и выступающий грунт осторожно срезают ножом по верхней кромке цилиндра. Затем цилиндр с подстаканником, зажимным кольцом и уплотненным грунтом взвешивают с точностью до 1 г и определяют объемную плотность влажного грунта (γ_d , г/см³) по формуле

$$\gamma_d = \frac{g_1 - g_2}{V}, \quad (21)$$

где g_1 – масса цилиндра с подстаканником, зажимным кольцом и грунтом, г;

g_2 – масса пустого цилиндра с подстаканником и зажимным кольцом, г;

V – объем цилиндра, равный 1000 см³.

Из грунта, находящегося в цилиндре, из верхней и нижней его частей, берут пробы по 15÷20 г в бюксы для определения влажности. Затем грунт извлекают из цилиндра и переносят в чашку с оставшейся пробой, подготовленной для испытания. К полученной массе грунта доливают воду в таком количестве, чтобы увеличить его влажность на 2÷3% (на 3 кг грунта доливают примерно 50÷70 см³ воды). Грунт тщательно перемешивают и вновь подвергают уплотнению указанным выше способом.

Испытания грунта на уплотнение с наращиванием влажности проводят до тех пор, пока его объемная плотность не станет уменьшаться при увеличении влажности. По полученным при каждом уплотнении значениям объемной плотности и влажности грунта рассчитывают объемную плотность его скелета (δ) по формуле (19). Строят график зависимости объемной плотности скелета грунта от его влажности (рис.10).

За максимальную плотность грунта принимают наибольшее значение объемной плотности его скелета, а за оптимальную влажность – влажность, соответствующую этой объемной плотности.

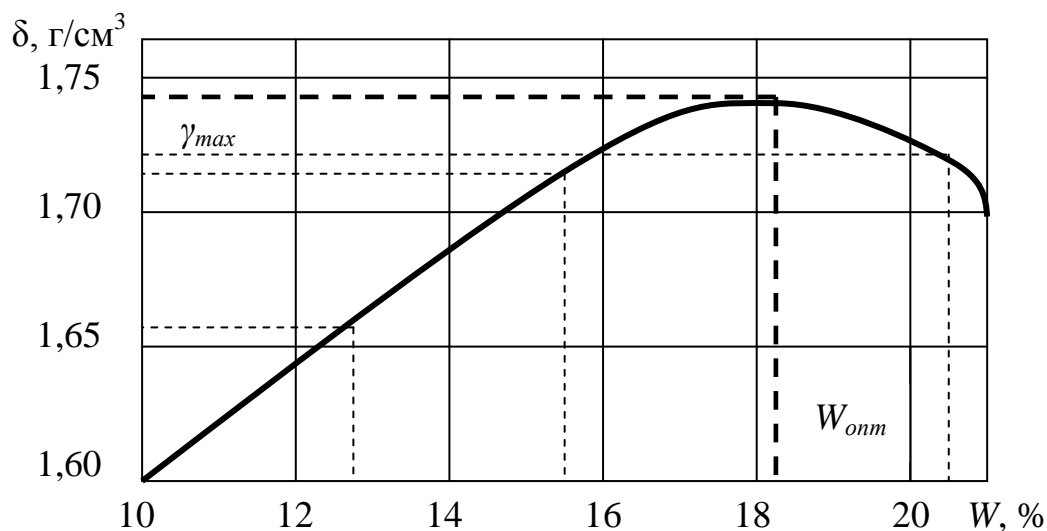


Рис. 10. Зависимость объемной плотности скелета грунта от его влажности при стандартном уплотнении.

Результаты работы заносят в таблицу 7.

Таблица 7

Определение оптимальной влажности и плотности грунтов

№ образца	Наименование грунта	Масса сосуда (бюксы), г			Влажность, W, %	Объемная плотность, г/см ³	
		пустого m_0	с грунтом m_1	с высушенным грунтом, m_2		влажностного грунта, γ_d	скелета грунта, δ
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
...							
n							

Лабораторная работа № 7

Определение пределов пластичности и консистенции грунтов

Пластичность грунта – это способность его изменять свою форму (деформироваться) без разрыва сплошности под воздействием внешних сил и сохранять приданную ему форму после прекращения воздействия внешних сил.

Пластичность грунтов обуславливается содержанием в них глинисто-пылеватых частиц и влаги, поэтому она характерна для связных грун-

тов. В зависимости от степени увлажнения они могут находиться в твердом, полутвердом, пластичном и текучем состоянии.

Верхним пределом пластичности (граница текучести) грунта называется влажность грунта (определенная испытанием) при которой грунт переходит из пластичного состояния в текучее.

Нижним пределом пластичности (граница раскатывания) грунта называется влажность грунта (определенная испытанием) при которой грунт переходит из пластичного состояния в полутвердое.

Интервал влажности, в пределах которого грунт находится в пластичном состоянии, определяется как разность между значениями влажности, соответствующими верхнему и нижнему пределам пластичности, называется числом пластичности грунта (M_n) и используется как классификационный показатель грунта.

Число пластичность определяется по формуле

$$M_n = W_m - W_n, \quad (22)$$

где W_m – влажность грунта на границе текучести (предел текучести), %;

W_n – влажность грунта на границе раскатывания (предел пластичности), %.

1. Определение предела текучести грунта

Оборудование: балансный конус Васильева (рис. 11); сито с отверстиями 0,5 мм; фарфоровые чашки; оборудование для определения влажности.

Порядок выполнения работы.

Подготовка грунта.

Образец грунта в воздушно-сухом состоянии массой около 100 г растирают в фарфоровой ступке пестиком и просеивают через сито с отверстиями 0,5 мм. Просеянный грунт помещают в фарфоровую чашку, увлаж-

няют водой (одновременно перемешивая шпателем) до состояния густой пасты и выдерживают не менее 2 ч в закрытом стеклянном сосуде.

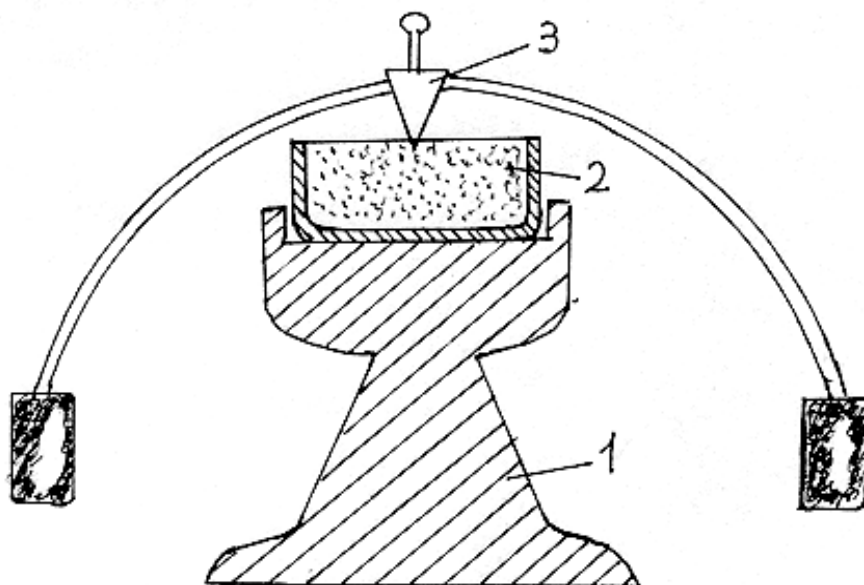


Рис. 11. Балансирный конус А.М. Васильева: 1 – подставка; 2 – формочки; 3 – балансирный конус.

Ход определения.

1. Приготовленную грунтовую пасту небольшими порциями укладывают в цилиндрическую форму прибора (рис. 8), постукивая формой об упругую поверхность для предотвращения образования воздушных полостей в пасте. Поверхность уложенной пасты заглаживают шпателем вровень с торцом формы.

2. Форму с пастой грунта устанавливают на подставку, подносят к поверхности пасты балансирный конус, смазанный тонким слоем вазелина, так, чтобы острие его коснулось поверхности пасты. Отпускают конус, включая одновременно секундомер (после освобождения конус под влиянием собственной массы погружается в пасту) и следят в течение 5 с за погружением конуса до риски на нем (глубина погружения 10 мм).

3. Погружение конуса в пасту до риски в течение 5 с показывает, что она находится в состоянии верхнего предела пластичности и, следова-

тельно, содержание воды в грунте соответствует влажности при верхнем пределе пластичности (граница текучести) грунта. В этом случае из формы берут в бюксы пробы грунта (масса не менее 10 г) и определяют его влажность.

4. Погружение конуса в пасту за 5 с на глубину менее 10 мм показывает, что влажность ее ниже влажности грунта при его верхнем пределе пластичности. В этом случае пасту извлекают из формы и присоединяют к грунтовой пасте, приготовленной для испытания, добавляют воды, тщательно перемешивают, и повторяют операции, указанные в пунктах 1÷3.

5. Погружение конуса в пасту за 5 с на глубину более 10 мм показывает, что влажность ее превышает влажность грунта при верхнем пределе пластичности. В этом случае пасту из формы, и приготовленную для испытания, переносят на стекло, перемешивают шпателем, давая немного подсохнуть, затем повторяют операции, указанные в пунктах 1÷3.

Для каждого испытуемого грунта проводят не менее двух параллельных определений верхнего предела пластичности. Расхождение результатов параллельных определений влажности не должно превышать 2%. В противном случае испытание повторяют.

За верхний предел пластичности грунта (W_m) принимают среднее арифметическое результатов параллельных определений, выраженное в процентах с точностью до единицы.

2. Определение нижнего предела пластичности или предела раскатывания

Ход определения.

1. Приготовленную пасту грунта тщательно перемешивают, берут из нее небольшой комочек и раскатывают пальцами на стеклянной пластинке или листе плотной глянцевой бумаги до образования шнура диаметром около 3 мм. Раскатывание ведут слегка нажимая на шнур. Дли-

на шнура не должна превышать ширины ладони. Если при этой толщине шнур сохраняет связанность и пластичность, его собирают в комочек и вновь раскатывают до шнура указанного диаметра. Операцию повторяют до тех пор, пока шнур при указанной толщине (3 мм) начнет делиться по всей длине поперечными трещинами на кусочки длиной примерно 10 мм. Это свидетельствует о том, что достигнут нижний предел пластичности пасты грунта.

2. Кусочки шнура помещают в заранее взвешенный стаканчик (бюксы), плотно закрываемый крышкой для предотвращения высыхания его содержимого. Как только кусочков грунта в стаканчике наберется не менее 10 г, производят определение влажности.

3. Для каждого испытуемого грунта производят не менее двух параллельных определений нижнего предела пластичности. Расхождение результатов параллельных определений влажности не должно превышать 2%. В противном случае испытание повторяют.

За нижний предел пластичности грунта (W_n) принимают среднее арифметическое результатов параллельных определений, выраженное в процентах с точностью до единицы.

Литература

1. ГОСТ 25100-95 Межгосударственный стандарт грунта. Классификация.
2. ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы. Лабораторные определения физических характеристик.
3. ГОСТ 25584 – 90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации.
4. ГОСТ 12536-79. Грунты. Метод лабораторного определения гранулометрического и микроагрегатного состояния.
5. ГОСТ 22733-77 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности.
6. Попова З.А. Исследование грунтов для дорожного строительства. Москва «Транспорт», 1985 г.
7. Бартололей А.А. Механика грунтов, М.2001 г.